石灰石与铁矿粉混磨对碱性球团质量影响的研究

田筠清[1]，青格勒[1]，刘长江[2]，张 彦[1]，赵路遥[1]
（1. 首钢集团有限公司技术研究院，北京 100043；2. 首钢股份公司炼铁部，河北 唐山 064404）

摘 要：提出了一种生产碱性球团时处理碱性熔剂的方法，即通过石灰石与铁矿粉混合料湿磨的方法，对碱性熔剂进行处理。通过对配加不同比例的熔剂矿粉混磨料的铁矿粉进行造球性能与焙烧性能实验，研究了石灰石与铁矿粉混磨对球团质量的影响。研究结果表明，石灰石和铁矿粉混磨能够得到较细的粒度组成，表面活性增加；使用混磨料后，生球性能指标均有所提高，生球落下强度随着混磨料配比的提高而增加；焙烧球抗压强度能够满足生产要求。

关键词：碱性熔剂；石灰石；混磨；粒度组成；碱性球团；成球性能；焙烧性能
中图分类号：TF046.6 **文献标识码**：A **文章编号**：1000－8764(2018)02－0033－04
doi：10.13403/j.sjqt.2018.02.023

Experimental research on influence of mixed grinding of limestone and iron ore fines on basic pellet quality

Tian Yunqing[1], Qing Gele[1], Liu Changjiang[2], Zhang Yan[1], Zhao Luyao[1]
(1. *Technology Research Institute of Shougang Group Co., Ltd., Beijing* 100043;
2. *Iron-making Department, Shougang Co., Ltd., Tangshan* 064404, *Hebei*)

Abstract A kind of method dealing with basic flux in production of basic pellets is proposed in this paper, that is, the basic flux is treated by means of grinding the wet mixture of limestone and iron ore fines. Through experiments on balling performance and roasting performance of mixed grinding material of different ratio of flux and iron ore fines, the influence of mixed grinding of limestone and iron ore fines on pellet quality was studied. The research result indicates that, by means of grinding the mixture of limestone and iron ore fines, finer particle size distribution can be obtained, and the surface activity increases. After the grinding mixture is used, green ball performance indexes are somewhat improved, the drop strength of green balls increases with the increase of proportion of grinding mixture, and the compressive strength of roasted balls can meet the production requirements.

Key words basic flux; limestone; mixed grinding; particle size distribution; basic pellet; balling performance; roasting performance

1 前 言

一般来说，碱性球团矿具有较为优良的冶金性能。随着高炉球团矿的入炉比例增加，需要适当提高球团矿的碱度，这对提高高炉综合炉料的冶金性能具有积极意义。生产碱性球团矿需要配加一定比例的碱性熔剂，常用的碱性熔剂有石灰石、白云石、白灰和消石灰等[1~4]，这些碱性熔剂往往粒度较粗，不能满足球团造球的工艺要求，需要进行细磨处理。碱性熔剂对球团造球及质量影响的相关研究国内外报道较少，能够获得的文献也不多，尤其缺乏碱性熔剂的处理方式对球团工艺的影响方面的研究，这种状况与国内积极发展碱性球团工艺的趋势不相适应，需要予以足够的重视并进行相关系统研究以指导生产。

本文提出了一种处理碱性熔剂的方法，即石

收稿日期：2017－09－21
作者简介：田筠清(1980－)，男，高级工程师，主要从事球团工艺方面的研究。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

灰石和铁矿粉混磨。通过湿磨机对石灰石和铁矿粉的混和矿进行细磨，得到粒度较细的混和矿，然后使用该混矿进行造球和焙烧实验。这种方法一方面可以得到粒度较细的熔剂混合矿；另一方面，一部分铁矿粉经过与石灰石的混磨后，其粒度和表面活性均得到改善，有利于改善铁矿粉的成球性能。

2 实验方法与原料性能

2.1 实验方法

铁矿粉和石灰石混合料在湿磨机上进行湿磨，每次磨样400g，矿浆浓度67%，磨矿时间10 min，矿浆沉淀后进行过滤、烘干。

造球用设备为圆盘造球机，直径为800 mm，试验时转速19 r/min，倾角45°，造球时间为9 min，造球试验结束后，筛取直径为10～12.5 mm的生球，测生球的落下次数、抗压强度、水分和爆裂温度等指标。

球团焙烧采用焙烧杯，焙烧杯的内径为120 mm，高度为400 mm，可实现鼓风干燥、抽风干燥、预热、焙烧、均热及冷却等带式焙烧机的焙烧全过程，焙烧后球团矿的抗压强度采用微机控制电子万能试验机测定。

2.2 原料性能

本次实验所使用的铁矿粉、石灰石和膨润土的化学成分如表1所示。

表1 原料的化学成分(%)

	TFe	SiO_2	CaO	AI_2O_3	MgO	P	S	K_2O	Na_2O	烧损
铁矿粉	69.31	1.84	0.44	0.35	0.69	0.014	0.066	0.052	0.19	-2.61
石灰石	--	1.37	52.47	0.34	3.76	0.008	0.031	0.120	0.088	41.43
膨润土	--	60.13	2.37	13.45	2.62	0.087	0.022	0.95	2.44	9.87

从表1可以看出，试验用含铁原料是高品位磁铁矿粉，TFe为69.31%，SiO_2含量为1.84%。石灰石CaO含量为52.47%。实验用膨润土的物理性能如表2所示，其2 h吸水率为456%，膨胀指数为21 mL/(2g)。

表2 膨润土物理性能

名称	胶质价/mL·(15g)$^{-1}$	吸蓝量/g·(100g)$^{-1}$	膨胀指数/mL·(2g)$^{-1}$	2h吸水率/%	-74 μm含量/%
膨润土	345	36.0	19	416	100

3 实验结果及分析

3.1 混磨试验结果与分析

由于生产中铁矿粉和碱性熔剂混磨的处理能力有限，铁矿粉不能够完全混磨，因此采用铁矿粉部分混磨的方法，即30%～40%铁矿粉与石灰石混磨，混磨试样再与铁矿粉配料进行造球及焙烧试验。

首先根据球团矿的目标碱度，对石灰石和铁矿粉混磨试样进行配料计算，确定其磨矿方案。

根据以往经验，球团矿碱度在1.0～1.2时冶金性能较好，为使球团矿碱度在此范围内，混磨试样中石灰石的比例控制在13%～16%(球团矿配料中混磨试样的配比在30%和40%两个水平)。为了确定不同石灰石配比下混磨矿能否达到合适的粒度组成，湿磨配矿方案分别选择石灰石配比13%和16%两个水平(详见表3)。

表3 湿磨配矿方案(%)

试样名称	秘细粉	石灰石	矿浆浓度	R
试样1	84	16	67	1.2
试样2	87	13	67	1.0

然后在湿磨机上磨矿10 min，矿浆沉淀后进行过滤、烘干，烘干后混磨料水分约4%左右。湿磨后试样使用激光粒度仪进行检测，粒度组成如表4所示。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　湿磨试样粒度组成

试样名称	磨矿时间 /min	-74 μm 含量/%	-45 μm 含量/%
试样 1	10	97.5	91.2
试样 2	10	97.3	94.3

从湿磨试样的粒度组成来看，两种试样 -74 μm 含量分别为 97.5% 和 97.3%，-45 μm 含量分别为 91.2% 和 94.3%，粒度较细，能够满足球团的造球要求。

3.2　造球实验结果与分析

使用表 1 中所示的铁矿粉与一定比例的上述湿磨试样，进行造球实验。为了使球团矿碱度处在 1.0 ~ 1.2 之间，混磨试样的配比选择 30% 和 40% 两个水平。本次实验共进行了 8 个配料方案，造球试验方案及生球指标情况详见表 5。其主要生球的变化趋势如图 1 所示。

表 5　造球实验方案及生球指标

编号	铁矿粉 /%	试样 1 /%	试样 2 /%	膨润土 /%	生球指标		
					落下强度/次·(0.5m)$^{-1}$	抗压强度/N·P^{-1}	水分/%
1	100	- -	- -	1.2	3.0	7.95	8.6
2	70	30	- -	1.2	3.3	10.56	8.3
3	60	40	- -	1.2	3.5	10.14	8.2
4	70	30	- -	1.0	3.1	9.35	8.1
5	70	30	- -	0.8	2.9	9.25	8.2
6	70	- -	30	1.2	3.3	9.43	8.3
7	60	- -	40	1.2	3.4	9.85	8.2
8	70	- -	30	0.8	2.8	8.54	8.0

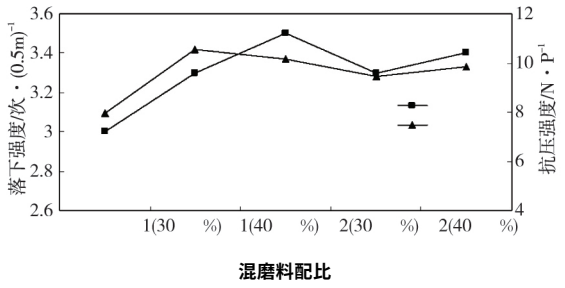


图 1　1.2% 膨润土配比下生球落下强度和抗压强度比较

从图 1 可以看出，在膨润土配比 1.2% 的条件下，两种混磨试样的生球指标均明显高于基础方案。从生球落下强度来看，试样 1 在 30% 和 40% 配比下，落下强度分别为 3.3 次/(0.5 m) 和 3.5 次/(0.5 m)，试样 2 在 30% 和 40% 配比下，落下强度分别为 3.3 次/(0.5 m) 和 3.4 次/(0.5 m)，并且两种试样配加 40% 的生球落下强度均高于配加 30%；从生球抗压强度来看，两种试样不同配比下，生球抗压强度均在 9.4 N/P 以上，明显好于基准值 7.95 N/P。

此外，还对两种混磨试样，进行了降低膨润土配比的实验，使用试样 1 配比 30%，膨润土配比 1.0 和 0.8 时，生球抗压强度分别为 3.1 次/(0.5 m) 和 2.9 次/(0.5 m)，生球落下强度分别为 9.35 N/P 和 9.25 N/P；使用试样 2 配比 30%，膨润土配比 0.8% 时，生球落下强度和抗压强度分别为 2.8 次/(0.5 m) 和 8.54 N/P。

因此，在配加混磨试样时，膨润土的配比可以降低到 0.8% ~ 1.0%，生球指标仍然与基准值相差不大。

3.3　焙烧实验结果与分析

在造球实验的基础上，使用焙烧杯进行了焙烧实验，最高焙烧温度为 1 265 ℃。实验方案和结果见表 6，焙烧温度曲线见图 2。从焙烧曲线可以看出，焙烧时间为 53 min，0 ~ 14 min 为干燥和预热段，15 ~ 33 min 为焙烧段，34 ~ 53 min 为冷却段，最高焙烧温度保持 12 min。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表6 焙烧实验方案及结果

编号	铁矿粉配比/%	磨矿试样1/%	磨矿试样2/%	膨润土配比/%	抗压强度/N·P^{-1}
1	100			1.2	
2	70	30	– –	1.2	2 733
3	60	40	– –	1.2	2 725
4	70	30	– –	1.0	2 815
5	70	30	– –	0.8	2 742
6	70	– –	30	1.2	2 719
7	60	– –	40	1.2	2 751
8	70	– –	30	0.8	2 776

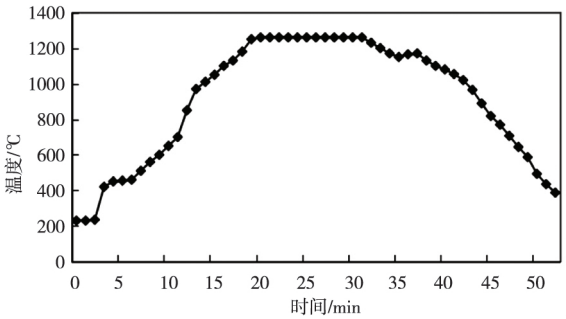


图2 焙烧温度曲线

从表6焙烧实验结果来看，两种混磨试验，在配加30%和40%的比例下，膨润土配比在0.8~1.2的水平下，焙烧球抗压强度均达到了2 700 N/P以上，能够满足球团的生产要求。

4 结 论

(1) 在实验室条件下，使用湿磨机对石灰石和铁矿粉的混合料进行细磨，细磨后，-74 μm含量达到95%以上，-45 μm含量也能够达到90%以上，可满足球团工艺的要求。

(2) 使用混磨料进行造球，生球的性能指标均有所改善。由于混磨料粒度较细，生球抗压强度提高较为明显，落下强度随着混磨料配比增加而增加。使用混磨料后，膨润土配比从基准的1.2%，可以适当降低到0.8%~1.0%，生球指标与基准值相差不大。

(3) 使用混磨料后，焙烧球的抗压强度达到2 700 N/P以上，能够满足生产的要求。

(4) 石灰石和铁矿粉混磨既可以得到粒度合适的碱性熔剂，又能够改善含铁料的成球性能，是一种具有优势处理碱性熔剂的方法。

参考文献

[1] 傅菊英，姜涛，朱德庆. 烧结球团学[M]. 长沙：中南工业大学出版社，1996.239.
[2] 王昌安，罗廉明. 铁精矿粒度组成对球团质量的影响[J]. 武汉化工学院学报，2005，27(2)：38.
[3] 彭志伟，李光辉，唐兆坤，等. 改善铁精矿成球性能的研究[J]. 钢铁，2008，43(12)：7.
[4] 范晓慧，袁晓丽，姜涛，等. 铁精矿粒度对球团强度的影响[J]. 中国有色金属学报，2006，11(11)：19.

(上接第32页)

参考文献

[1] 张汉泉. 烧结球团理论与工艺[M]. 北京：化学工业出版社，2015. 7.
[2] 夏雷阁，苏步新，李新宇，等. 焙烧温度与球团矿强度和还原性的关系[J]. 烧结球团，2014，39(1)：21-24+39.
[3] 利敏，王纪英，李祥. 我国带式焙烧机技术发展研究与实践[C]//第八届(2011)中国钢铁年会论文集，北京：冶金工业出版社，2011：4314-4321.
[4] 夏雷阁，苏步新，李新宇，等. 首钢504 m^{2}带式焙烧机热工制度的试验研究[J]. 矿冶工程，2014，34(03)：69-75.
[5] 张卫华. 带式焙烧机球团技术在首钢京唐钢铁厂中的创新应用[N]. 世界金属导报，2010-03-23(008).
[6] 朱宏祥，温治，徐海，等. 空燃比寻优技术在加热炉中的应用[J]. 北京科技大学学报，2003，25(2)：139-142.
[7] 周卫. 带式焙烧机生产过程中预热焙烧优化控制[J]. 冶金自动化，2014，38(03)：72-75.
[8] 周晓君，阳春华，桂卫华. 全局优化视角下的有色冶金过程建模与控制[J]. 控制理论与应用，2015，32(9)：1158-1169.
[9] 冯国生，刘荣，吕振通，等. SPSS统计分析与应用[M]. 北京：机械工业出版社，2014，2：76-83.
[10] M. Parvizimosaed，F. Farmani，H. Monsef，A. Rahimi-Kian. A multi-stage Smart Energy Management System under multiple uncertainties：A data mining approach[J]. Renewable Energy，2017，102.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net